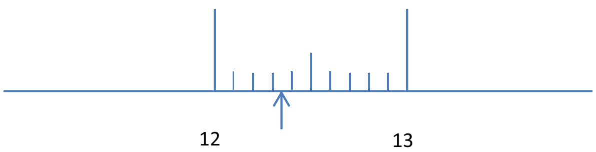
Aflezen en significante cijfers

Er is onenigheid over de interpretatie van significante cijfers geconstateerd. Natuurkundigen lijken er anders over te denken dan scheikundigen. Het gaat niet om de regels van het optellen/aftrekken en die voor vermenigvuldigen/delen, die zijn duidelijk, maar het gaat erom in hoeveel significante cijfers je een aflezing moet/mag weergeven.

■ **Harrie Jorna** / eindredacteur nlt

Je leest de lengte van een voorwerp af. De rand van het voorwerp zit midden tussen 12,3 en 12,4 cm, net iets meer naar 12,3.
Zie figuur 1.



Figuur 1. Hoe lees je dit af in het juiste aantal significante cijfers: 12,3 of 12,34?

Wil je het onderstaande tabelletje (zie figuur 2) volledig invullen als je op 'antwoorden' hebt gedrukt en daaronder eventuele toelichting plaatsen?

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3			
12,34			

Figuur 2. Het in te vullen tabelletje leeg.
Met hartelijke dank,
Harrie Jorna

Dit was de opdracht waarmee ik een flink aantal personen in mijn netwerk bestookt heb, nadat ik ontdekte dat het antwoord van iemand die ter zake minstens even deskundig is als ik, niet overeenkwam met wat ik altijd heb geleerd, namelijk schatten tussen de maatstrepen.
Hieronder de antwoorden, indien van toepassing door mij becommentarieerd, in cursief.

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3			Na
12,34	+	4	

Het voorbeeld in figuur 1 zal bij natuurkunde niet zo vaak voorkomen, omdat er geen eenheden bij staan. Zo is een leerling die met een stopwatch 10,38 (s) afleest niet goed bezig, want de reactietijd van een mens is in tienden. Zo moet een leerling dan dus 10,4 (s) opschrijven omdat de laatste 8 niet waar te maken is. *Het gaat puur om de aflezing. Dus als het een niet-digitale stopwatch betreft. Deze meet zo goed als hij kan, het moment van het stilvallen van de wijzer. Dat dat zeg 0,3 sec na de waarneming is, moet de leerling daarna zelf in rekening brengen.*
Significantie bij natuurkunde is altijd het aantal cijfers dat je gebruikt om het getal weer te geven en niet het aantal cijfers achter de komma. Dit is zo omdat bij natuurkunde hele kleine (1,602 E-19) maar ook super grote getallen (1,496 E 9) de revue passeren.
Eltjo Dijkhuis

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3	-	3	Sk
12,34	+	4	

Greetje Bosma, Frans Roes,
Jan van Rossum

Zelfde tabel. Toelichting:
Die 12,34 zit tussen de 12,335 en 12,345 en is geen 12,31 of 12,32 of 12, 33 of 12,35 enz. Dus lijkt die 4 mij behoorlijk significant. *Ik heb geleerd dat het laatste significante cijfer onzeker is, geschat is. Dus zou die vier nog best 3 kunnen zijn. En als de afstand tot de helft tussen de maatstrepen klein genoeg is, ook nog wel een 5.* Trouwens er zit ook nog een fout bij het op nul neerleggen van de liniaal aan de andere kant van het voorwerp, wat die 4 weer wat minder betrouwbaar maakt. *Dat maakt deze aflezing niet anders, hoogstens de beoogde lengte van het voorwerp.*

Verder heb ik geen verstand van significante cijfers.
Hein Bruijnesteijn

Zelfde tabel. Toelichting:
Het laatste cijfer geeft de onzekerheid aan. De waarde is 12,34. Zou dit digitaal zijn bepaald, is de onnauwkeurigheid +/- 0,005, anders kan ik leerlingen adviseren een waarde van 12,34 +/- 0,01 aan te houden. *Hier komt de 'concurrent' van de significante cijfers om de hoek kijken. Hopelijk heeft de fabrikant van het digitale instrument rekening gehouden met de onnauwkeurigheid van zijn instrument bij het weergeven van het aantal cijfers.*
Bob Lefeber

Jij bent de eerste die zegt dat het laatste significante cijfer onzeker is.
Harrie

Onzeker wil ik niet zeggen. Je bewust zijn dat je verkeerd kunt kijken zou ik zeggen. Dit kunnen ze oplossen door bijvoorbeeld een klasgenoot ook te laten aflezen. *Dit spelt een rol bij mogelijke parallax. Daar zul je bij digitale aflezing natuurlijk geen last van hebben.*
Bob Lefeber

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3		3	Sk
12,34	+	4	

Aflezen op 12,3 zou een onzekerheid creëren in het laatste cijfer, de 3, maar die weten we zeker.
Fer Coenders

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3	-	3	na
12,34	+	4	

12,3 is het sowieso, daarna een cijfer wat een 3 of 4 is. In de laatste cijfer zit een

onnauwkeurigheid, maar het is in ieder geval geen 1 of 5. Hier is dus de grens van de nauwkeurigheid.
Dirk-Jan van de Poppe

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3	+		
12,34			

... de nauwkeurigheid van mijn liniaal!!
Als je liniaal niet zou nauwkeurig is (niet krimpvrij bijvoorbeeld) 'mag' de fabrikant geen mm-maatstrepen aangeven.
Willem Vis

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3	-		Sk
12,34	+	4	

P.A.M. de Groot

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3	-		Na
12,34	+	4	

We schrijven één cijfer meer op dan we zeker weten. Als je net op de grens zit kan ook het voorlaatste cijfer nog onjuist zijn. In dit geval is de onzekerheid niet meer dan 0,01 en is de 3 dus wel zeker, maar als het 12,39 was geweest had de drie ook een 4 kunnen zijn; dan schrijven we toch 12,39.
Leo te Brinke

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3	-		Na
12,34	+	4	

Is zonneklaar. Het laatste cijfer is in het voorbeeld goed af te lezen. Het kan een 3 of een 4 zijn, er mag wel onzekerheid in zitten, maar het is zeker een betekenisvol cijfer.
Dit is geen kwestie van interpretatie: zeggen dat het aantal significante cijfers 3 is, is gewoon fout. *Helemaal mee eens, maar ik bedoel met interpretatie de omzetting van de (on)nauwkeurigheid van een meting in het dienovereenkomstige aantal significante cijfers.*
Overigens vind ik dat significante cijfers veel te belangrijk zijn gemaakt in het onderwijs.
Hans van Bemmel

Bij de pijl leest u af	+ = ja - = nee	Hoeveel sig. cijfers?	Na of Sk?
12,3			Sk en Na
12,34	+	4	

Met de vraagstelling ben ik niet helemaal gelukkig. Weten we zeker dat we maar met één afleespunt te maken hebben? *Dat is niet relevant voor de aflezing op zich.* Er is toch ook een beginpunt waar de liniaal overheen moet worden gelegd? Als je dat negeert schep je een schijn(on)zekerheid. Zelfs als ik ervan uitga dat je bijvoorbeeld een schuifmaat gebruikt, heb je te maken met een lijndikte.
Als chemicus denk ik ook aan praktische voorbeelden zoals buretten, elektrische meetinstrumenten, chronometers. Dan heb ik ook te maken met beginwaarden, menselijke reactiesnelheid en parallax. Dan bepaalt de zorgvuldigheid van de uitvoering de nauwkeurigheid meer dan het aflezen.
Dus ik eindig met de opmerking, dat voor ons onderwijs een foutenbeschouwing belangrijker is dan het bepalen van de nauwkeurigheid.
Dit gezegd zijnde kom ik tot het door jou gevraagde antwoord: als de lijnen meetkundig dun zijn, zijn er 4 significante cijfers, de laatste + of - 0,01. *Maar dat laatste vertellen de significante cijfers niet.*
Frans Arnold.

Geen tabel ingevuld:

Ik lees af 12,34. Vak: scheikunde.
Else Henneke

Geen tabel ingevuld. Toelichting:

Dat hangt van het meetinstrument af. Met een geodriehoek zou ik 12,3 cm aflezen. *Daar staan mm-maatstrepen op.*
Met een schuifmaat waarschijnlijk 12,34 cm.
Jan Apotheker

Geen schema ingevuld. Toelichting:

Ik lees af 12,34 en dat zijn vier significante cijfers.
Ik vind dat niet per se een scheikundige aflezing.

In dit geval is de ruimte tussen 12,3 en 12,4 erg groot. *Dat is mijn fout.*
Als dit op een buret moet worden afgelezen, zou ik 12,33 en 12,35 ook zeker goed rekenen.
Ton van Berkel

Geen schema ingevuld. Toelichting:

Zonder nonius op de schuifmaat moet je niet in 4 decimalen willen aflezen.
Dus het antwoord heeft drie significante cijfers.
Dat antwoord geldt ongeacht de stand van de schuif.

Bedenk verder dat de pijl in de tekening een duidbare dikte heeft en niemand weet hoe de pijl staat t.o.v. het object. *De pijl vervangt het oog, de kijkrichting en is als zodanig oneindig dun bedoeld.*
Op basis van hetgeen staat in jouw regel 3 gebeurt er iets bijzonders. Er staat: "de rand van het voorwerp zit ***MIDDEN*** tussen 12,3 en 12,4" en dat betekent dat de afronding plaatsvindt naar 12,4.
De toevoeging in regel 4 "net iets meer naar 12,3" kan op twee manieren worden uitgelegd: *Bedoeld is: iets links van het midden.*

- de waarnemer is onzeker over het 4e significante cijfer → dus 3 significante cijfers. *Daar zijn mijn leermeesters het dus niet mee eens: het laatste significante cijfer is onzeker!*
- de opsteller van de tekst is intern tegenstrijdig → dus zeker geen 4e significant cijfer.

Naar mijn idee is de vraagstelling niet voldoende betrouwbaar om een te precies antwoord van een leerling te eisen.
Frank Seller

Alle antwoorders van harte bedankt!
Reageren? harriejorna@hotmail.com